

## 未来を担う新素材—木炭\*1

谷田貝光克\*2

### Wood Charcoal, a New Raw Material for the Future\*1

Mitsuyoshi YATAGAI\*2

#### 1. はじめに

バイオマスの有効利用の観点から木質系バイオマスを中心とした製炭が積極的に行われるようになってきた。木炭に関する研究も近年の木炭の新用途開発に歩調を合わせ、各種炭材に利用可能な炭化炉の開発、各種用途に適した木炭の構造と機能の関係等に関する研究が目立っている。

#### 2. 炭化法に関する研究

角材を管状炉で空気を流しながら炭化した場合(空気法)と、角材を容器に入れ密閉し、これを電気炉に入れて炭化した場合(容器法)では、ヨウ素吸着性能は前者では炭化温度の上昇とともに増大するが、後者では700℃で最大値をとり、800,900℃では減少する。容器法で得られたアカマツ炭は600℃で400 mg/g, 700℃で500 mg/gという高い吸着量を示す<sup>1)</sup>。容器法で得られた木炭が高温で吸着量が低下するのは、細孔径が熱収縮により小さくなり吸着速度が遅くなり、短時間の測定時間内には吸着平衡に達していなかったためであり、また、空気法で高温で吸着量が増大するのは空気賦活が起こり細孔径の拡大がおこったためである。

比表面積を大きくするには一般に木炭等の炭素材料を1000℃近い高温で水蒸気や二酸化炭素を接触させ微細孔を増やす。いずれも固体の炭素と反応して一酸化炭素を放出する際に細孔が生じるメカニズム

である。酸素はこのような賦活ガスとしては利用できず、木炭を燃焼させるのみといわれていたが、燃焼反応により生じる二酸化炭素が賦活に寄与することが明らかにされた。空気で木炭を賦活できるこの反応は空気賦活法と呼ばれる<sup>2)</sup>。通常の黒炭の比表面積は300~400 m<sup>2</sup>程度であるが、空気賦活によれば一度の炭化で700~800 m<sup>2</sup>の比表面積を持つ吸着性能のよい木炭を製造することが可能である。

CCA等薬剤処理した木材を炭化した場合に薬剤がどのような挙動をとるかを知らずには建築廃材が今後増加し、そのリサイクルが必須になりつつある中で避けて通れないものの一つである。煙らによってCCA処理木材の熱分解によるバイオオイル生成研究の中でヒ素の残存率、揮発量が検討され、ヒ素の揮散を防止する熱分解法の提案がなされている<sup>3)</sup>。

#### 3. 吸着性能に関連した木炭の機能

木炭の水質浄化、調湿、大気浄化、消臭などの機能は、多孔質による比表面積の大きさによるところが大きい。しかし表面積だけでなく、木炭が効率よく気体、あるいは液体を捕捉するには木炭表面の化学構造と細孔構造が関係してくる。木炭への吸着は、分子間力による物理的吸着と木炭表面の官能基との化学反応による化学吸着があるからである。木炭ではなく活性炭の場合であるが、アンモニアの吸着能を増すために硝酸処理、硫酸処理が有効であり、これらの処理をした活性炭ではもとの活性炭よりも比表面積、炭素含有率共に減少するが、アンモニア吸着能は増大する。アンモニア吸着サイトとしての有機酸素の量が増加したためである<sup>4)</sup>。

木炭に吸着機能を発揮させるだけの表面積を持た

\*1 Received July 16, 2004; accepted September 10, 2004.

\*2 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Tokyo 113-8657

せるにはある程度の温度での炭化が必要であるが、必ずしも特別な高温炭化を必要としているわけではなく、むしろ600℃前後の炭化温度での木炭が機能性をよく発揮する。例えば、アカマツ木炭では炭化温度600～800℃で最大の調湿機能を発揮し、モウソウチク炭では700℃で最大の調湿能を示し、それより高温で炭化されたものでは炭化温度の上昇と共に吸湿量が減少する<sup>5)</sup>。800℃以上の高温では炭材の組織構造が変化し、密になるために比重が大きくなり、硬度も高くなるが、表面積は小さくなるからである。

スギ木炭による吸湿実験では炭化温度が高くなるにつれて木炭の平衡含水率も増加するが、炭化温度が1000℃を越えると逆に低下することが認められている。また、炭化温度600℃の木炭が最も高い放湿能を示した。このようなことから木炭の調湿機能は炭化温度600℃前後のものが最もよいようである<sup>6)</sup>。350℃前後での炭化物は吸水量が最小で、これを利用した油吸着能が検討され、油吸着剤としての応用製品開発のもととなっている<sup>7)</sup>。

家庭雑排水を各種木炭を通して汚染物質の除去具合をみた結果では、浄化機能は全細孔容積、平均細孔直径、有孔率の大小に依存し、それらの大きいアカマツ、カラマツの針葉樹炭の浄化能が大きいことが示されている<sup>8)</sup>。水中に含まれる環境ホルモン等ではビスフェノールA、p-ニルフェノール、ペンタクロロフェノールなどをアカマツ木炭が効率よく吸着、除去する<sup>9)</sup>。

#### 4. 電気特性に関連した木炭の機能

木炭の電気特性で最近注目を浴びているのが、電磁波遮蔽機能である。高温で炭化した木炭は導電性に優れ、静電防止材料、電磁波遮蔽材料としての応用技術の開発が進められている。

炭化温度800℃以上の木炭粉末と熱硬化性樹脂によって調整された、木炭・フェノール・ホルムアルデヒド自硬化性顆粒体(CPS)が開発されている。スギ間伐材炭を用いた例では炭化温度の上昇と共に電磁波遮蔽性能が向上し、1,000～1,300℃で炭化したものは300～1,000 Hzの領域で鉄板やアルミニウム板をはるかにしのぐ遮蔽性能を持つ<sup>10)</sup>。ニッケル、鉄、銅を木粉、樹皮粉に添加して得た木炭が良好な電磁波遮蔽性を発揮することも報告されている<sup>11)</sup>。炭化の際に副生するタールをニッケル触媒で炭化して電磁波遮蔽用高結晶炭素の製造も試みられている<sup>12)</sup>。電気抵抗の小さい高温炭化木炭は電磁波遮蔽材料として有望ではあるが、単独での利用ではなく、

他の材料との複合的な利用が必要なのである。

#### 5. これからの炭化研究

木炭の用途は多様であるが、用途に合わせた木炭の構造、それを得るための炭化法等、木炭の研究には未知の点が多い。木炭の機能を十二分に発揮させるにもそれぞれの用途に合わせた機能と構造との関係を明らかにする必要がある。木炭の燃料以外の新しい用途は、単にバイオマスを焼却するのに比べ、温室効果ガスの発生を抑え、地球温暖化防止に役立っている。しかし、製炭過程では熱を放出し、木ガスを放出しているのも事実である。製炭時に発生する熱と木ガスの利用研究も今後の木炭研究の課題であり、20%前後の低収率の製炭の高収率化も残された課題である。これらが解決されたとき、次世代を担う機能性を持った炭素材料として木炭の用途はさらに幅の広がりをみせ、また、製炭がバイオマスの有効利用、地球温暖化防止にさらに大きく貢献することになるだろう。

#### 文 献

- 1) 安部郁夫：炭やきの会20周年記念誌 29-34 (2004).
- 2) 安部郁夫, 丸山 純, 福原知子, 岩崎 訓：科学と工業 74, 442-447 (2000).
- 3) 畑 俊充：科研費補助金研究成果報告書, 基盤研究(C)(2) 課題番号13680576 (2003).
- 4) Chun Yi Liu Aika, K.: *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 76, 1463-1468 (2003).
- 5) 藤原 敏, 嶋 一徹, 千葉喬三：第51回木材学会講演要旨集, 東京, 2001, p. 475.
- 6) 中山友栄, 畑 俊充, 矢野浩之, 今村祐嗣：第51回木材学会講演要旨集, 東京, 2001, p. 450.
- 7) 斉藤 勝, 梅原勝雄, 峰村伸哉, 遠藤 展：第43回日本木材学会講演要旨集, 盛岡, 1993, p. 533.
- 8) Yatagai, M., Ito, R., Ohira, T., Oba, K.: *Mokuzai Gakkaishi* 41, 425-432 (1995).
- 9) 金子直太, 大平辰朗, 松井直之, 谷田貝光克, 溝口忠：第51回木材学会講演要旨集, 東京, 2001, p. 483.
- 10) 石原茂久：木材工業 57, 2-6 (2002).
- 11) 鈴木 勉, 藤沢武範, 中西喜美雄, 二俣正美：第49回木材学会講演要旨集, 1999, p. 462.
- 12) 鈴木 勉, 光岡喜彦, 王 暁水, 山田哲夫：第52回木材学会講演要旨集, 岐阜, 2002, p. 436.